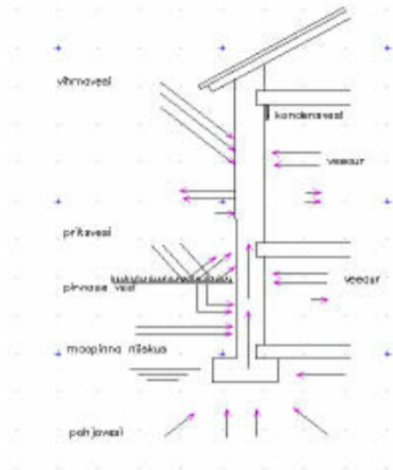


## Kellarikerroksen jälleenrakennus

Rakennusten julkisivuja remontoitaessa on hyvin yleistä törmätä ongelmiin talon kellarikerroksessa — siitäkin huolimatta, että maali tai raappausaine on levitetty oikein, ne eivät välttämättä kestä ja monesti hajoavat jo seuraavana vuonna. Ongelma on havaittavissa etenkin vanhoissa rakennuksissa, mutta yhä useammin myös uusissa taloissa.



Joonis 1

### Kellarikerroksen hajoamiseen vaikuttavat seikat

Vesi ja kosteus voivat tunkeutua rakennukseen kolmella eri tavalla (ks. *Piirros 1*)

- 1. Vesihöyryn kulkeutuminen ulkoa sisään.** Kellarikerroksissa, joissa ei ole eristeitä, vesihöyryllä ei ole muihin tekijöihin nähden suurta merkitystä muurauksen kosteuttajana.
- 2. Sadevedestä johtuva suora jännite muurauksen pintaan.** Tässä tapauksessa kyseessä on kosteus, joka päättyy kellarikerroksen pintaan suoraan vesisateesta tai maasta käsin vesiroiskeen muodossa. Suojauksena voidaan käyttää paksumpia laasteja, jotka kestävät veden painetta aina 1.5 bariin saakka. Kyseisiä laasteja ei voida käyttää julkisivuissa, koska ne voivat estää vesihöyryn liikehdintää ja siten aiheuttaa kondensaatiota.
- 3. Maaperän kostumisesta johtuva jännite.** Sadevedestä ja sulavasta lumesta muodostuu maaperän kostumista, joka kuormittaa kellarikerrosta johtuen riittämättömästä vesieristyksestä tai puuttuvasta vedenpoistokanavasta. Tilanteelta voidaan välttyä eristyksillä sekä vettä läpäisevän kerroksen (vedenpoistokerroksen; sora tai savi) rakentamisella perustan ympärille.

Kostuneen maaperän vaikutukset riippuvat sadeveden ohella myös vedenpoistokanavista sekä niiden laadusta. Esimerkiksi maaperä kuormittaa perustaa enemmän kuin sora.



Edellä mainittujen kolmen seikan ohella kosteusvaurioita esiintyy myös sähköjännitteen sekä hygroskooppisuuden johdosta.

Muurauksen suojeleminen vesipaineelta ja kosteudelta on helppoa (käyttämällä kellarikerroksessa vedenpitävää laastia ja maalia sekä sisäistä huurtumisen estoa), perustan seinistä ja pohjasta nouseva kapillaarisen kosteuden torjuminen on huomattavasti vaikeampaa. Jokaisella muurausaineella on tietty kapillaarinen imukyky. Teoriassa vesi voi siis nousta kapillaareja pitkin 1,5 metrin korkeuteen saakka. Kun vesi nousee perustassa kapillaarien mukaisesti ylöspäin, kellarikerroksen pinnalla se kulkee niistä pois sekä sisä- ja ulkopuolella. Kapillaarikosteuden mukana nousee myös veteen liukenevien suolojen määrä. Ne puolestaan kiteytyvät veden haihtumisen jälkeen. Tämä johtaa laastin hajoamiseen ja maalin kuoriutumiseen. Kapillaarisen imun voi poistaa tai sitä voi vähentää vaikuttamalla kapillaarien toimintaan tai niitä täyttämällä.

### **Kiteytymisjännite**

Laastit ja raappausaineet ovat yleensä emäksisiä. Ympäristön rakennusmateriaaleille haitalliset aineet ovat sen sijaan enimmäkseen happamia. Ympäristön saasteista sekä niiden ilmaan leviämisestä johtuen voidaan havaita myös heikosti happamien, luonnollisten happojen ohella vahvojen mineraalihappojen suoloja: nitriittiä, nitraatteja, sulfaatteja ja klorideja, joiden hajoamisprosessiin osallistuu hydroloisoituva, happopitoinen hydrogeeni, joka puolestaan aiheuttaa kalkkimaisten rakennusmateriaalien hajoamista.

Kemikaalisen reaktion seurauksena syntyy useita suoloja. Kalsiumionia löytyy useasta eri rakennusmateriaalista (kalkki, sementti, kalkkimaiset kivet) ja se on alun perin liukenematon aine, josta tulee vapaan hydrogeeniradikaalin seurauksena vesiliukoisen mineraalihapon suola.

Kun suolapitoiset vesiliukset kulkevat pintaan, vesi haihtuu ja suolat kiteytyvät. Laastin pintaan muodostuu lisäjännitettä suolojen kiteytymisestä ja prosessi onkin yksi laastin hajoamiseen vaikuttava tekijä. Kiteytyneiden hydraattien muodostuessa suolojen määrä lisääntyy ja prosessi tunnetaan nimellä kiteytymisjännite. Eri suolaseosten kiteillä on eri kiteytymisjännitteet. Kiteytymisjännite aiheuttaa laastipinnan sekä muurauksen hajoamista. Kiteytymisjännitettä voi esiintyä myös kuivassa muurauksessa, joka on kostea vain harvoin.

Käytännössä kellarikerrosten lahoaminen alkaa myöhäistalvella, jolloin kellarikerroksen kosteuteen aiheuttaa maanpinnan sulavasta jäädä aiheutuva paine. Yleisesti ottaen korkeat kosteusarvot sekä jään sulamisesta johtuva kuormitus voivat tuhota kellarikerroksen muurauksen yhden talven aikana.

Prosessi ei kuitenkaan vahingoita kellarikerroksen seiniä, joilla on jatkuvaa kosteuskuormitusta.

### **Kalkin hajoaminen**

Suolat reagoivat muurauksessa käytetyn kalkin kanssa huonosti. Suolat reagoivat kalkissa veden kanssa. Lopputuloksena muodostuva seos (kuten kipsi) huuhtoo muurauksen pois. Näin käy muurauksessa, joka on jatkuvan vesikuormituksen alaisuudessa. Näin ollen haitallisia suoloja ovat ne, jotka ovat joko vesiliukoisia tai jotka liukenevat huonosti hapettuneeseen veteen. Jälkimmäiseen ryhmään kuuluvat pohjavettä lukuun ottamatta myös sadevesi, koska se sitoo ilman rikkidioksidin ja hiilihapollisen hapon ilmasta (liikennekaasut, polttoainekaasut). Veteen liukenemattomat suolat eivät tuhoa muurausta.



### **Suolojen osittainen kiteytyminen**

Suolapitoisuuden noustessa vesi haihtuu ja jakautuu kellarikerroksen eri korkeuksiin, liukenemiskykynsä mukaisesti. Alimmassa osassa (alue A, Piirros 2) imeytyvät kalsium- ja magnesiumkarbonaatti sekä kipsi. Kyseisellä alueella ei tapahdu merkittävää muurauksen tuhoutumista. Alue B:ssä imeytyvät sen sijaan magnesiumsulfaatti, natrium sekä potassiumnitraatti, joilla on kyky tuhota muurausta. Alue C:ssa muodostuu sen sijaan nitraatteja ja kloriitteja, jotka aikaan saavat märän alueen muuraukseen niiden hygroskooppisten ominaisuuksiensa johdosta (veden imeytyminen ilmasta).

### **Vahingon diagnoosi**

Jotta vahinko voidaan korjata asianmukaisesti, on ensiksi määriteltävä itse vika. Saksassa on useita erikoisyritystä ja -instituutiota, joilla on paljon erikoislaitteita. Yksinkertaisia mittauksia voivat tehdä myös yritykset, jotka tarjoavat remonttipalveluita. Virossa vahingon diagnoosin laatuun ei juurikaan kiinnitetä huomiota ja siitä syystä kellarikerroksen ongelmiin liittyvät ratkaisut ovat usein virheellisiä. Diagnoosin yhteydessä tulisi laatia asiakirjat syistä, jotka ovat johtaneet muurauksen kostumiseen. Asiakirjojen tulisi sisältää valokuvia vahingoista sekä raportti sääolosuhteista, fyysisistä ja kemikaalisista kosteusvahingoista sekä niiden suolapitoisuudesta. Myös käytetty muurausaine tulisi määritellä selkeästi. Diagnoosia tulisi määritellä eri vuodenaikoina sekä eri päivinä. Suolojen hygroskopiikka riippuu suhteellisesta ilman kosteudesta sekä lämpötilasta, tutkimusta tulisi siis tehdä erilaisissa sääolosuhteissa. Eri aikoina tehtävä diagnoosi voi huomioida myös muuttuvan pohjaveden määrän sekä sen vaikutuksen. On tärkeää lisäksi määritellä kosteuden tasapaino. Siinä käy ilmi maksimiarvot muun muassa veden imeytymiselle sekä kosteuden rakenne, hygroskooppisen kosteuden sidostaso, mahdollinen kondensaation muodostuminen sekä muurauksen kokonaiskosteus.

Kosteustutkimuksen menetit jaetaan kahteen ryhmään: kosteuden määrittely muurausta rikkomatta ja sitä rikkomalla.

## **Kosteustutkimus muurausta rikkomatta:**

### **Vastuksen mittaaminen sähköisesti**

Tämä on yksinkertainen tapa, jossa mittaus tehdään kahta periaatetta noudattaen. Ensiksi mitataan kahden muuraukseen sijoitettavan elektrodin välinen vastus. Toiseksi mitataan rakennusmateriaalin sähköistä kapasitanssia.

Molemmat menetit ovat yksinkertaisia, mutta mittauksen tarkkuus on hyvin epävaka. Virheitä tulee esimerkiksi muurauksessa ja laastissa olevien suolojen vaikutuksesta sähköisiin signaaleihin. Siitä johtuen tämä metodi sopii parhaiten vain määrittelemään, onko laasti suolaista vai eikö ole. Suolainen laasti johtaa sähköä paremmin kuin kuiva.

### **Lambda eli lämmönjohton määrittely**

Tällä menetillä mitataan muurauksen lämmönjohtokykyä. Kuten tiedetään, märkä muurausmateriaali johtaa lämpöä paremmin kuin kuiva. Tämä menetit on uusi ja sen tulevaisuus näyttää erittäin hyvältä.



### **Thermografia eli infrapunadiagnoosi**

Thermografia on kallis tapa määrittellä vaurioita johtuen hintavista laitteista. Usein tätä metodia käytetään vain esimerkiksi suojelluissa kohteissa. Metodien ideana on se, että haihtumisesta johtuen kostean pinnan lämpötila laskee kun taas kuivan pinnan lämpötila pysyy samana. Lämpötilaeroja mitataan erikoiskameran avulla. Tuloksista kootaan thermograafi, jossa näkyvät eri kosteusarvot pinnan kussakin kohdassa. Tarkkaa kosteusarvoa ei kuitenkaan ole mahdollista määrittellä. Toinen tapa on kohdentaa infrapuna suoraan pintaan ja mitata säteen heijastus. Vesi imeytyy infrapunasäteilyyn erittäin tehokkaasti 3 m aaltopituudella. Tällä metodilla onkin helppo mitata lämmitysjärjestelmän sekä putkitöiden vikoja seinässä.

## **Kosteustutkimus muurausta rikkomalla:**

### **Painoanalyysi**

Painoanalyysillä kosteuden määrä voidaan mitata tarkasti. Tutkittava materiaali mitataan märkänä, jonka jälkeen kosteus kuivatetaan ja uudelleenmittaus tehdään kuivaan materiaaliin. Kosteuden määrä on painojen erotus.

### **Kalsiumkarbidimittaus**

Myös kalsiumkarbidimittauksella saadaan tarkka tulos, joskin ei yhtä tarkka kuin painoanalyysissä. Periaate on se, että mitataan kalsiumkarbidin ominaisuuksia sen reagoidessa kosteuden kanssa ja siitä seuraava asetyleenin paine mitataan, riippuen mistä kohdasta kosteus on peräisin.

### **Suolan pH-arvon määrittely**

Tätä metodia käytetään muurauksen suolapitoisuuden määrittelyyn. Muurauksesta kerättävä suola liuotetaan tislattuun veteen. Tämän jälkeen määritellään liuoksen pH-arvo perinteisiä metodeja käyttämällä. Kaliumkarbonaatin ja natriumkarbonaatin pH-arvo on yli 9, natriumin ja potassiumin alle 7. Mittaukseen erikoistuneet yritykset käyttävät myös kannettavia minilaboratorioita, jotka sisältävät lisälaitteita suola-analyyysiin.

## **Jälleenrakentaminen**

Vanhemmista rakennuksista puuttuu usein sekä vaakasuora että pystysuora vesieristys. Jälleenrakentamisen avulla voidaan joko vanha eristys entisöidä tai rakentaa kokonaan uusi. Metodi vähentää kapillaarista imeytymistä sekä perustaan että kalliokerrokseen.

### **Vaakasuora vesieristys**

Kaiken jälleenrakennuksen päätehtävä on estää kapillaareja tai tehdä ne niin kapeiksi, että kapillaarinen imeytyminen tulee käytännössä mahdottomaksi. Mekaanisia metodeja käyttäen kapillaarien toiminta estyy ja kemikaaleja metodeja käyttäessä kapillaarit täytetään ja niitä kavennetaan. Uusin metodi on sähköfyysinen. Mekaanisia metodeja ovat: muurauksen sahaus, kromimetodi, V-leikkaus sekä koko muurauksen uusiminen. Muurauksen sahausessa leikataan 5-10 mm vaakasuora lovi muuraukseen. Leikattua muurausta tuetaan kiiloin. Tämän jälkeen loveen laitetaan keinotekoisia materiaalia, alumiinia



tai ruostumatonta terästä ja mikäli kyseessä on historiallisesti merkittävä rakennus, voidaan käyttää myös lyijyä. Lovet täytetään alkalia torjuvalla sementtikiinnityksellä tai sopivalla hartsilla.

Kromiteräsmetodissa aaltoileva kromilevy painetaan muurauksen niveliin, käyttäen erityistä mekanismia. Kuten aiemmassakin metodissa, myös tässä muurausta on voitava työstää molemmilta puolilta.

V-metodissa v:n muotoinen aukko sahataan molemmille puolille muurausta, alle 10-30 asteen kulmaan. Aukot täytetään sen jälkeen vesitiiviillä laastilla.

Koko muurauksen korvaaminen on kallis ja aikaa vievä tapa, joten sitä käytetään usein vain muurauksen pieniin osiin.

Kemikaalisissa metodeissa kapillaarien kokoa pienennetään tai luodaan pintajännitettä. Tunnetuin tapa tässä kategoriassa on niin sanottu ruiskumetodi, jossa luodaan läpäisemätön pinta. Muuraukseen porataan sen ulkopuolelta 1-3 horisontaalista lovea, joissa on 10-14 mm reiät ja jotka ovat 10-20 cm päässä toisistaan. Mikäli tarpeellista, poraus tehdään myös sisäpuolelle. Reikiä ei saisi porata muurauksen läpi. Täyttämiseen käytetään erilaisia seoksia. Veden haihtumisen jälkeen alkalisilikonit luovat kapillaareissa toisen täytetyn kapillaarin - niin sanotun sekondäärisen kapillaarin - jotka ovat huomattavasti pienempiä halkaisijaltaan kuin alkuperäiset kapillaarit. Tätä materiaalia käyttämällä voi kuitenkin käydä niin, että potassium tai natriumsilikaatti reagoi hiilidioksiidin kanssa ilmassa ja luo siten alueita, jossa suola tunkeutuu pintaan. Tästä syystä useimmiten käytetään silikaatti-silikonaattiseoksia ja viimeisimpinä vuosina vain luonnollista silikonihartsia. Ruiskumateriaalina voidaan käyttää myös bitumeeniemulsioita. Testeissä on käytetty myös epoksi-, polyuretaani- sekä polyesterihartseja, mutta niiden tehokkuutta ei ole tutkittu riittävästi.

Ruiskutusmenetelmät voidaan jakaa seuraaviin luokkiin: ruiskutus ilman painetta (kuiva muuraus) ruiskutus korkealla paineella (märkä muuraus) ja impulssimetodi.

Ilman painetta tapahtuvassa ruiskutuksessa porattuihin reikiin asetetaan suppilot, jonka lävitse seos leviää muuraukseen. Tätä tapaa voivat käyttää myös yksityiset rakennusurakoitsijat, sillä tarvetta erikoislaitteille ei ole.

Korkealla paineella tapahtuvassa ruiskutuksessa reikiin asetetaan nipat, jonka lävitse seos ruiskutetaan reikään paineen alla, käyttäen tarkoitukseen soveltuvaa laitetta. Korkealla paineella tapahtuva ruiskutus on tehokkaampaa, mutta myös kalliimpaa.

Impulssiruiskutuksessa seos levitetään reikään yhtäjaksoisen paineen sijaan impulsseina. Metodin käyttöönotto on vasta alullaan.

Kuumentamisessa kuumennetut elektrodit asetetaan reikiin, joka puolestaan haihduttaa niissä olevan kosteuden. Tämän metodin huono puoli on sen jatkuva sähkönkulutus.

Elektrofyyisistä metodeista ei ole olemassa yhtenäistä mielipidettä. Aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa mielipiteet ovat jakautuneet sekä negatiivisiin että positiivisiin kokemuksiin.



### **Pystysuora vesieristys**

Muurausta on pystysuoran vesieristuksen avulla suojeltava pohjavettä, pintavettä sekä pintakosteutta vastaan. Mikäli rakennuksessa ei ole kellarikerrosta eikä vesi siten vahingoita sen laastia tai maalia, ei pystysuoraa vesieristystä välttämättä tehdä. Pystysuora eristys voidaan kuitenkin tehdä sekä sisäisesti että ulkoisesti. Eristystä varten on suoritettava esipuhdistus koko kellarikerrokselle ja vanha laasti on poistettava. Muurauksen nivelet on raavittava puhtaaksi 2 cm syväksi. Koskaan ei tulisi käyttää vettä. Sen jälkeen puhtaalle pinnalle levitetään sementtilaastia. Mikäli kellarikerros koostuu betonilohkareista, halkeamat ja nivelet on täytettävä käyttäen ruiskumetodia. Reiät ja vaot on täytettävä erityisellä sementin remontointiseoksella. Ilman halkeamien asianmukaista täyttöä vesi ja kosteus tunkeutuu myöhemmin vioittuneille alueille. Muita mahdollisuuksia ovat muun muassa vedenpitävä sakeutuslaasti, hitsatut bitumilevyt ja viemärin peittäminen. Vedenpitävä sakeutuslaasti (saksaksi Sperrputz, Dichtputz tai Dichtungsschlämme) kestää vedenpainetta 1.5 bariin saakka.

Pystysuora eristys on mahdollista tehdä myös sisäänpäin, mikäli on mahdotonta avata kellarikerrosta ulkoapäin. Sisäisessä vesieristyksessä voidaan aikaansaada kuiva kellarikerros, mutta ei kuivia seinä. Lisäksi on mahdotonta vesieristyksellä estää sisäisten suolojen liikehdintää sekä siitä seuraavia vahinkoja.

Remontointi alkaa vanhan laastin kuivapoistolla. Seuraaviin kerroksiin soveltuu sakeutuslaasti. Sakeutuslaastin tiheys on erittäin korkea ja ne estävät vesihöyryn liikkumista ulos huoneesta. On siten valvottava, että sisäseinässä ei tapahdu kondensaatiota. Kondensaatoriski on mahdollista laskea etukäteen, mikäli tiedossa on sisä- ja ulkolämpötilat sekä suhteellinen kosteus ja seinän rakenne. Sakeutuslaastia voi käyttää tilanteissa, joissa on vain kosteusongelma.

Mikäli kellariperustaa ei eristetä ja suolojen liikkumista tapahtuu kapillaarisen kosteuden lisääntyessä, on käytettävä erillisiä entisöintilaasteja. Niitä ei ole tarkoitettu pystysuoraan vesieristämiseen, vaan kosteuden tilapäiseen likvidaatioon sekä suolojen aiheuttamiin vahinkoihin. Entisöintilaastien tehtävänä on imeä/kerätä suoloja, jotta ne eivät vahingoita pintaa. Niiden tarkoitus on kerätä kosteuden kanssa liikkuvat suolat. Jos perusta sijaitsee vedessä, eikä rakennuksen ympärillä ole ojitusta, suurin syy kellarikerroksen rappeutumiseen ovat märän kellarin vuorotellen tapahtuva jäätyminen ja sulaminen, ei niinkään suolojen suodattuminen. Siitä syystä maan alla sijaitseva pystysuora vesieristys sekä ojitus on tehtävä ennen entisöintilaastin laittoa.

Entisöintilaastin vaikutukset ovat joka tapauksessa tilapäisiä, sillä se ei poista itse syytä (vaakasuoran eristuksen puuttumista kellarikerroksesta), mutta entisöintilaastilla voi tilapäisesti estää suurempien vahinkojen synnyn.

Noin 40% entisöintilaastista sisältää ilmahuokosia, jossa suolat kerrostetaan. Alue, joka on yhden neliömetrin suuruinen ja 2 cm paksu, voi kasvattaa suolamääräänsä 6kg saakka. Mikäli huokokset täyttyvät suolalla, ne rikkovat laastipinnan tai laasti irtoaa seinän pinnasta. Tällöin toimenpide on tehtävä alusta saakka uudelleen.

Mikäli katsotaan seosten vaikutuksia, entisöintilaasti ja sakeutuslaasti ovat päinvastaisia. Entisöintilaastilla on erittäin korkea vesihöyryn läpäiseväisyys, sakeutuslaasti sen sijaan omaa erittäin korkean höyrypitäisyyden. Näitä kahta seosta ei käytetä yhdessä. Entisöintilaasteja voidaan peittää vain



kiviainesmaaleilla, joissa on korkea haihdutusaste.

Julkisivun ja muurauksen suolat aiheuttavat vahinkoja vain, jos ne ovat vesiliukoisia. Yksi tapa päästä suolista eroon onkin muuttaa vesiliukoiset suolat vesiliukenemattomiksi suoloiksi. Saattaa usein käydä niin, että suolojen muuttaminen ei johda haluttuun lopputulokseen, sillä joskus käy niin, että tiettyjen suolojen muuttaminen vesiliukenemattomiksi muuttaa osan vesiliukeneviksi. Muuraus saattaa sisältää tusinan verran erilaisia suoloja. Suolatilanteen selvittämiseksi olisi tehtävä tarkka analyysi ja sen jälkeen päätettävä, saako käytettävällä kemikaaliseoksella halutun lopputuloksen. Esimerkiksi kaikki nitraatit ovat vesiliukoisia, eikä niitä voi muuttaa liukenemattomiksi. Mikäli nitraatteja käsitellään fluorisilikaatilla, ne kristallisoituvat ja siitä syntyvä jännite vaikuttaa laastin tai maalin pintaan. Usein muunnoksissa tehdään niin, että fluorisilikaattiseos eristetään. Fluorisilikaatilla tapahtuva neutralisaatio soveltuu vain pinnoille, jossa on vähän suolaisuutta (esimerkiksi julkisivun pinta), mutta sitä ei suositella käytettäväksi pinnoilla, joissa on korkea suolapitoisuus (kellarit).

Pystysuoriin eristysmetodeihin kuuluvat myös bitumipäällysteet, bitumiseokset sekä bitumilevyt. Bitumipäällysteillä on paksuntava vaikutus vain, mikäli ne sisältävät polymeeriaineita, jotka nostattavat sen elastisuutta. Bitumipäällysteitä on sekä yksi- että kaksiaineisina. Yksiaineiset bitumipäällysteet torjuvat maaperän kosteutta, mutta ei vedenpainetta. Kaksiaineiset komponentit sen sijaan kestävät painetta 1 bariin asti. Sitä suurempaa painetta varten on käytettävä sementtubitumipäällystettä, joka kestää painetta 7 bariin saakka.

Bitumipäällyste eroaa bitumiseoksesta siten, että sitä voidaan käyttää vain paksuna kerroksena, jotta se kestää vedenpainetta 5-7 bariin saakka.

Bitumipäällysteen kyky torjua kosteutta ja vettä voi olla heikko, mikäli ojitusta tai putkia ei ole tehty. Putkitöiden lisäksi perustan kosteutta torjuvat sora tai muut vettä läpäisevät kerrokset.

Kellarikerrosten entisöintiasiat ovat monimutkaisia ja kalliita. Kaikki toimenpiteet - kuten vaaka- ja pystysuora vesieristys, ojitus ja putket, suolojen hoito, sopivat maalit ja laastit - ovat sidoksissa toisiinsa. Oikean ratkaisun löytäminen tiettyyn ongelmaan onnistuu vain, mikäli kaikki kyseiseen ongelmaan vaikuttavat tekijät otetaan huomioon. Vain silloin on mahdollista aikaansaada kestävä kellarikerros.